

PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIC LOADING TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN *ROTATING-GEARED BLADE DISCS-CONTACTOR*

Novirina Hendrasarie, Rudi L., Firra R.

Program Studi Teknik Lingkungan - UPN "Veteran" Jatim

Email : hendrasarie@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan utama dari penelitian ini, adalah mengembangkan desain *contactor* yang berbentuk tiga dimensi, *Rotating-Geared Blade Discs-Contactor*, untuk mengolah limbah organik *loading* tinggi, sehingga dapat diaplikasikan pada industri kecil. Penelitian ini merancang model *Rotating-Geared Blade Discs-Contactor* (RBC), dan pengaturan parameter desain reaktor yang efisien untuk menurunkan kandungan organik tinggi. Desain alat eksperimen dalam penelitian ini, berdasarkan perhitungan. Dengan bahan disk dan bak reaktor, dari platik fiber. Luas total permukaan disk 15879.93 cm². Reaktor RBC yang terbuat dari bahan plastik, dengan dimensi: Lebar = 30 cm, Panjang tiap stage = 24 cm, total 3 stage= 92 cm Tinggi = 12 cm. *Submergence* 40%, kecepatan putaran motor 7 rpm. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah tempe, dengan organik *loading* tinggi.

Kata kunci : limbah, bergerigi, *contactor*, biologi

PENDAHULUAN

Teknologi *Rotating-Geared Blade Discs-Contactor* adalah pengembangan dari *Rotating Biological Contactor*, yang merupakan pengolah limbah cair dengan proses aerobik, yang terdiri dari cakram-cakram. Pengembangan yang dilakukan, adalah dengan inovasi bentuk *contactor* (cakram) dari konvensional menjadi bentuk tiga dimensi. Cakram-cakram ini, sebagai media tumbuh mikroorganisme, yang dicelupkan kedalam air limbah dan diputar perlahan-lahan. Biofilm hasil pertumbuhan mikroorganisme yang ada dalam cakram tersebut, berfungsi menurunkan zat-zat pencemar yang ada didalam limbah.

Terdapat beberapa penelitian tentang RBC yang dikembangkan secara luas pada pengolahan limbah biologis untuk menurunkan konsentrasi COD/BOD. Pada dekade terakhir, mulai dikembangkan bahan dan bentuk media, berbentuk pipa (Kargi 2001). bergelombang (D.Mba, 2003; Pathan 2011; Prudeep et.al 2011). Namun demikian, dari berbagai penelitian tentang RBC yang sudah dilakukan, HRT (*hydraulic retention time*) yang dihasilkan masih lama

< 5 hari. Faktor HRT, berkaitan dengan luas permukaan lapisan mikroorganisme sebagai pengurai zat-zat organik pada limbah. Dan jika lapisan mikroorganisme menjadi tebal, maka efisiensi alat menjadi berkurang karena luas permukaan media menurun, sehingga HRT lama.

Berdasarkan dari hal tersebut diatas, maka dikembangkan bentuk media (cakram) tiga dimensi, yang bentuknya bergerigi-berlubang-berbelah pada sisinya, sehingga lebih memperluas permukaan lapisan mikroorganisme, dan jika proses terus berlanjut, lapisan mikroorganisme terluar akan luruh secara bergantian. Gerigi, meningkatkan kapasitas pemberian oksigen terlarut dan menyebabkan terjadinya *random flow* di sekitar lapisan mikroorganisme, sehingga *Mass Transfer Rate*-nya juga tinggi sekali.

Reaktor ini dipilih, karena memiliki banyak keistimewaan. Keistimewaan tersebut antara lain, operasionalnya mudah, konsumsi energi sedikit, tidak membutuhkan lahan yang besar dan produksi *sludge* sedikit.

KAJIAN PUSTAKA

RBC (*Rotating Biological Contactor*) adalah salah satu teknologi pengolahan biologis. RBC terdiri dari satu seri kontaktor berbentuk cakram yang berputar dalam wadah semi sirkuler. Jarak antar kontaktor satu dengan yang lain cukup dekat dan kurang lebih 40% dari luas kontaktornya terendam dalam air limbah.

Air limbah dimasukkan secara teratur kedalam bejana tersebut dan cakram diputar perlahan-lahan, melalui proses ini mikroorganisme akan tumbuh dan membentuk lapisan pada permukaan cakram, yang disebut, biofilm. Biofilm ini akan tumbuh dan menempel pada permukaan disc dalam bentuk lendir. Mikroorganisme inilah yang akan melakukan penguraian (*decomposition*) dan menghilangkan kandungan organik dari air limbah. Pada saat berputar bagian disc yang tercelup air akan mengadsorpsi/menguraikan zat organik yang terlarut dalam air. Pada saat kontak dengan udara biomass akan mengadsorpsi oksigen, sehingga akan tercapai kondisi aerobik. Berputarnya piringan juga merupakan mekanisme untuk mempertahankan biomassa dalam keadaan tersuspensi. Biomassa yang berlebih akan terbawa keluar dan diendapkan pada bak sedimentasi II (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 1. Bentuk RBC Media *Flat*

Kelebihan RBC pada proses pengolahan limbah, adalah pengoperasiannya mudah, yaitu hanya dengan memutar saja. Karena luas permukaan besar; dapat mengolah air limbah pada kisaran kapasitas yang besar, 1000

gal/hari sampai 100000 gal/hari, dan biomass yang terlepas (*sloughing*) mudah dipisahkan dari air yang sudah diolah.

Perkembangan Bentuk Media Panel Sebagai *Contactor*

Didalam performance RBC, media panel (*contactor*) dirancang untuk mampu mengurangi kekuatan dari hantaman cairan dan hidraulik. Lebih dari 30 tahun, penelitian RBC untuk desain media panel. *Contactor* pada RBC didesain untuk : menyediakan seluas mungkin surface area untuk pertumbuhan mikroorganisme, memberikan aliran drainase limbah pada panel-panel media, selama perputaran media, dan mengurangi daya *drag* air limbah, sehingga memberikan kesempatan pertumbuhan mikroba

Evolusi media panel RBC, diawali dengan media panel berbentuk datar. Bentuk media datar (*flat*) masih banyak digunakan untuk saat ini, dan kemudian beberapa penelitian melakukan pengembangan untuk memperluas permukaan media lekat mikroorganisme.

Rotating-Geared Blade Discs-Contactor

RBC adalah salah teknologi pengolahan limbah, yang penting untuk pengolahan limbah industri skala kecil, seperti industri sandang dan pangan. Hal ini disebabkan pengoperasiannya yang mudah, dan hemat listrik. Kesulitannya adalah limbah organik yang dihasilkan dari industri sandang dan pangan, adalah tinggi. Sedang RBC yang ada saat ini, hanya untuk kandungan organik 8-20 g BOD/m².hari (Metcalf & Eddy, 2004).

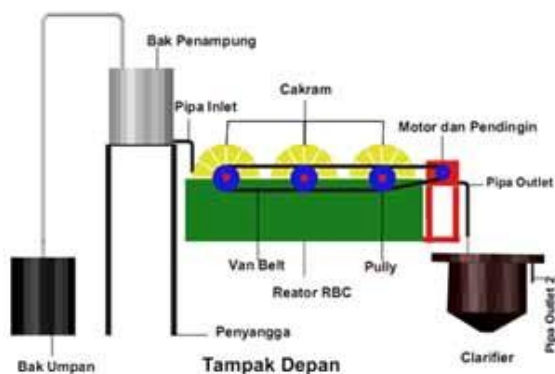
Rotating Geared Blade Disc Contactor, dalam penelitian ini merupakan pengembangan RBC, sesuai untuk karakteristik tersebut diatas, dengan menambahkan luas permukaan *contactor*, yaitu dengan bentuk media bergerigi dan berbelah. Bahan media ini dibuat dari plastik novotex.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan mendesain reaktor RBC dengan media tiga dimensi, yang diaplikasikan pada limbah tempe, terdiri dari beberapa tahapan yaitu

studi literatur, persiapan bahan dan alat, pengkondisian reaktor, kinerja reaktor RBC, pengolahan dan analisis data. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini, adalah limbah tempe, dengan karakteristik awal limbah tempe, karakteristik awal limbah tempe yang fluktuatif, pada kisaran : COD = 23230 mg/l, BOD₅ = 11615 mg/l, TSS = 5500 mg/l pH = 5 NO₃ = 15.2 mg N/l. Bakteri yang dikembangkan biakkan berasal dari air limbah industri tempe itu sendiri.

Konsentrasi COD diatur pada kisaran 600 mg/l sampai dengan 8000 mg/l. TSS dan Nitrat mengikuti hasil pengaturan konsentrasi COD. pH diatur pada pH netral, dengan DO diukur pada waktu penelitian. Dengan waktu detensi pada 0.7 jam, sampai dengan 4.2 jam.



Gambar 2. Rangkaian Alat Penelitian

Konstruksi RBC dengan cakram tiga dimensi bergerigi, sebagai pengolah air limbah, dibuat dalam skala laboratorium, terdiri dari :

1. Tanki penampung air limbah
2. Bak pengatur debit
3. Reaktor RBC yang terbuat dari bahan plastik, dengan dimensi:
Lebar = 30 cm, Panjang tiap stage = 24 cm, total 3 stage= 92 cm Tinggi = 12 cm
Cakram RBC, dengan spesifikasi :
 - Dari bahan plastik novotex
 - Diameter cakram = 20 cm, tebal total cakram : 8 mm
 - 1 stage terdiri dari 10 cakram
4. Bak effluen

5. Pompa

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Kemampuan penyisihan kandungan organik pada industri tahu, dengan menggunakan RBC media bergerigi dengan proses continuous ,dapat ditunjukkan pada pembahasan dibawah ini.

Tahap Adaptasi Biofilm, Seeding dan Aklimatisasi

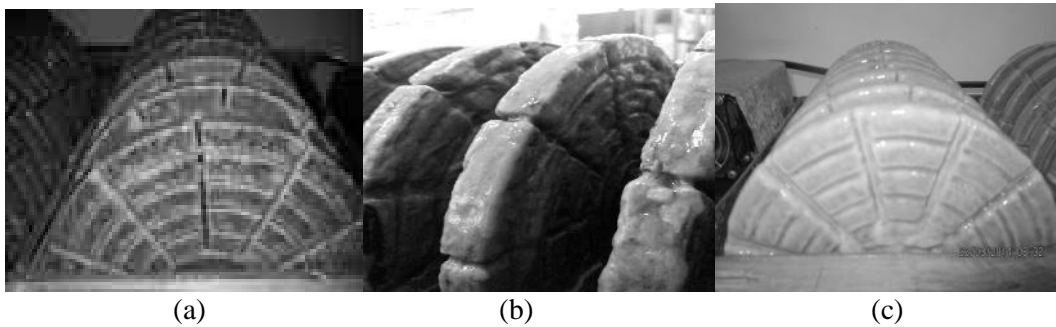
Pada pertumbuhan mikroorganisme pada RBC media 3 dimensi bergerigi untuk penyisihan kandungan organik limbah tempe, adanya pertumbuhan biofilm di media 3 dimensi bergerigi dengan warna biofilm yang melekat pada media yaitu berwarna abu-abu muda keputihan. Pertumbuhan terjadi pada saat seeding selama 2 hari ketebalan masih sekitar antara 2,5 mm di stage 3, 2 mm di stage 2, dan 1 mm di stage 3 namun biofilm tidak menutup semua permukaan media 3 dimensi bergerigi hanya sekitar 80% di stage 1, sekitar 50% di stage 2 dan sekitar 40% pada stage 3. Pada hari ke 6 terjadi perubahan warna mikroorganisme dari abu muda keputihan menjadi abu-abu. Menunjukkan bahwa terjadi fase eksponensial karena pada saat kondisi ini, tidak ada perubahan kondisi lingkungan dan tidak ada perubahan komposisi mikroba dengan ketebalan cakram yaitu 3 mm di stage 1, 2,5 mm di stage 2, dan 1,5 mm di stage 3. Sedangkan pada hari ke 10, 12 dan 14 menunjukkan ketebalan biofilm pada media 3 dimensi bergerigi mengalami penurunan menjadi 2,5 mm, pada tahap ini ketebalan biofilm menjadi stabil, dan siap dilakukan aklimatisasi.

Pada proses aklimatisasi, kondisi mikroorganisme pada biofilm yang melekat pada media 3 dimensi yaitu ketebalan RBC mencapai 3 mm pada stage 1, 2,5 mm pada stage 2, dan 2 mm pada stage 3 dengan luas permukaan RBC menjadi 100% pada tiap stage dan terjadinya perubahan warna pada lapisan biofilm menjadi warnah putih kecoklatan karena merupakan saat mikroorganisme beradaptasi. saat aklimatisasi dengan limbah 100%. Pada ketebalan 2.5 mm,

lapisan biofilm stabil dan RBC siap beroperasi.

Di bawah ini, adalah gambaran proses RgBC pada awal operasional yaitu saat awal pembentukan biofilm yang berfungsi mendegradasi kandungan organik pada air limbah. Proses pembentukan biofilm tersebut berlangsung hingga biofilm

menyelubungi contactor 100%, dan pada ketebalan 2.5 mm, ketebalan yang optimal untuk proses RgBC. Dan dilakukan aklimatisasi agar biofilm mampu beradaptasi dengan berbagai variasi COD inlet yang organik loading tinggi.



Gambar 4. Foto RgBC saat (a) seeding, awal pertumbuhan biofilm; (b) aklimatisasi; (c) running

Penyisihan Parameter Organik Loading Limbah Tempe

Bentuk cakram 3 dimensi bergerigi pada RBC menyebabkan luas permukaan media menjadi lebih luas, didesain untuk lebih meningkatkan DO, yaitu dengan belahan-belahan cakram agar aliran limbah dapat menembus belahan-belahan cakram, sehingga aliran limbah lebih acak, gerigi-geriginya menyebabkan random flow di sekitar lapisan mikroorganisme, sehingga lebih efektif meningkatkan oksigen terlarut dan pada akhirnya meningkatkan kinerja alat.

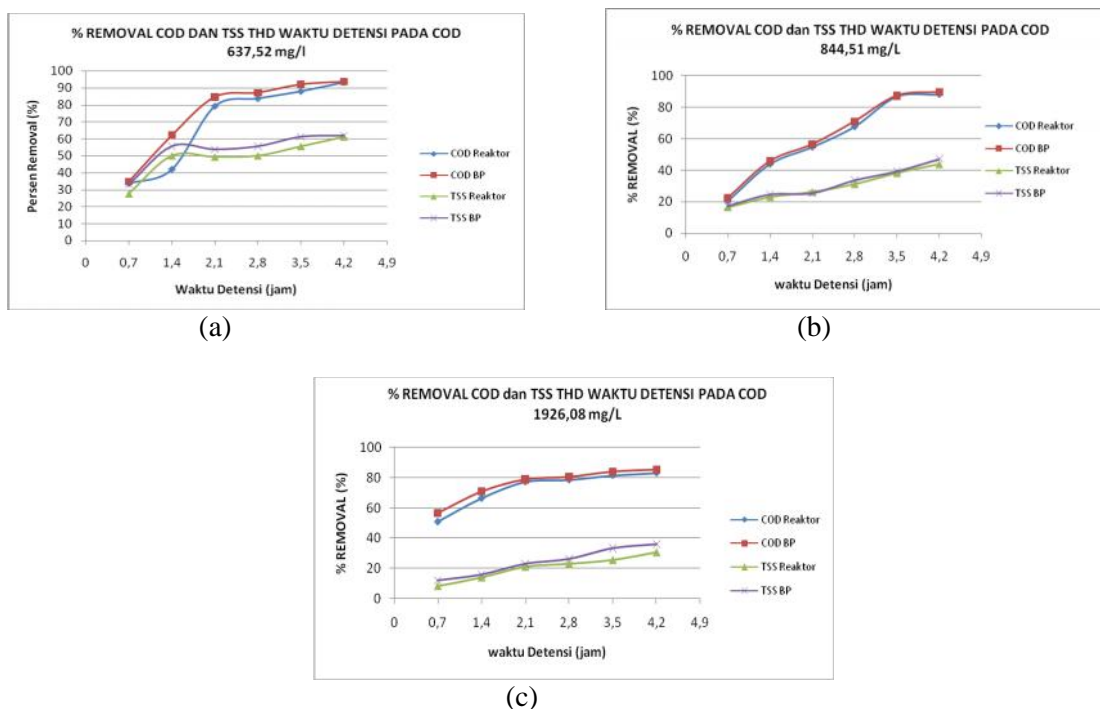
Hasil analisis kandungan parameter organik limbah tempe yang telah diolah pada reaktor RBC media 3 dimensi bergerigi, dengan konsentrasi COD input < 2000 mg/l, yang memenuhi persyaratan Keputusan Gubernur Jawa timur No. 45 Tahun 2002, dengan baku mutu limbah cair pada COD effluen 300 mg/l.

Penyisihan Parameter Organik, Kisaran Konsentrasi COD Lebih Dari 2000 mg/l

Kemampuan optimal penyisihan RgBC pada limbah tempe dengan konsentrasi kurang dari 2000 mg/l, pada waktu detensi (td) 4.2 jam, mencapai 93.27%. Hal ini berkaitan dengan Organic Loading pada industri, dengan kriteria 10 – 50 g/m².hari.

Organic Loading yang mampu dicapai oleh RgBC, prosen penyisihan COD lebih dari 80%, dalam penelitian ini, dengan menggunakan limbah tempe, pada kisaran 11.91 – 43.18 gr/m².hari.

Di bawah ini gambar penyisihan kandungan organik, pada konsentrasi COD, 637.52 mg/l, 844.51 mg/l dan 1926.08 mg/l pada limbah tempe.



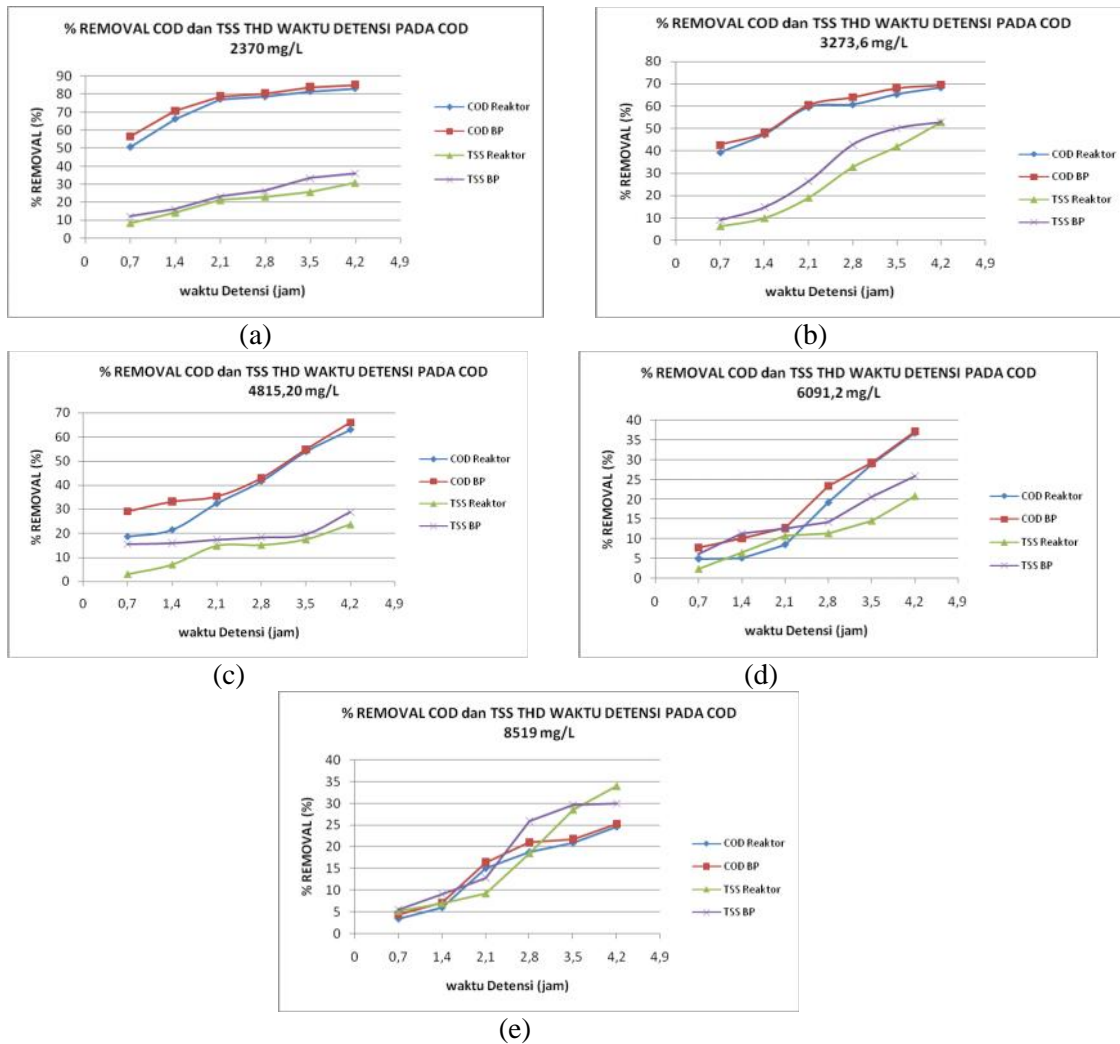
Gambar 3. Penyisihan Kandungan Organik COD dan TSS pada COD Inlet < 2000 mg/l, (a) COD inlet 637.52mg/l;(b)COD inlet 844.51 mg/l;(c)COD inlet 1926.08 mg/l

Untuk parameter TSS, hasil pengolahan dengan menggunakan RgBC masih belum memenuhi yang dipersyaratkan oleh baku mutu pada efluen maksimum 100 mg/l. Hasil TSS efluen pada penelitian ini, maksimum 275 mg/l pada COD inlet 637.52 mg/l di HRT 4.2 jam. Posentase penyisihan TSS pada pertambahan HRT semakin meningkat, tetapi sampai HRT 4.2 jam masih belum penyisihan yang optimal. Ini dikarenakan limbah tempe selain mengandung kandungan organik COD,BOD yang tinggi, tetapi juga mengandung unsur N, dalam hal ini yang diidentifikasi NO_3^- yang cukup besar pada limbah asli 15.2 mg/l. Dimana unsur adalah nutrisi bagi mikroorganisme, yang hasil

sampingannya membentuk padatan berbentuk TSS.

Penyisihan Parameter Organik, Kisaran Konsentrasi COD Lebih Dari 2000 mg/l

Kemampuan penyisihan RgBC pada limbah tempe dengan konsentrasi lebih dari 2000 mg/l, yaitu pada konsentrasi COD inlet (mg/l) uji : 2370, 3273.6, 4815.2, 6091.2, dan 8519 mg/l, adalah konsentrasi parameter organik tinggi, konsentrasi COD efluen lebih dari 300 mg/l. Hal ini berkaitan dengan Organic Loading pada industri, dengan kriteria 10 – 50 $\text{g/m}^2 \cdot \text{hari}$, organic Loading pada 53.97 $\text{g/m}^2 \cdot \text{hari}$ – 954.88 $\text{g/m}^2 \cdot \text{hari}$.



Gambar 4. Penyisihan Kandungan Organik COD dan TSS Pada COD Inlet 2000 mg/l-9000mg/l

Untuk parameter TSS, hasil pengolahan dengan menggunakan RgBC masih belum memenuhi yang dipersyaratkan pada efluen 100 mg/l. Hasil TSS efluen RgBC pada maksimum 3271.3 mg/l., dengan prosen penyisihan 34.05% di HRT 4.2 jam.

Dari hasil tersebut diatas, masih belum optimalnya RgBC untuk menurunkan TSS, karena kandungan TSS limbah asli yang sangat besar, dan adanya kandungan nitrogen pada limbah tempe, dalam hal ini yang terdeteksi adalah unsur nitrat (NO_3^-). Dan fungsi utama RgBC adalah untuk menguraikan kandungan organik pada limbah. Sedangkan jika TSS terlalu tinggi, diperlukan bangunan

tambahan sebelum RgBC, yaitu Clarifie I, atau bak pengendap I. Yang berfungsi untuk menurunkan suspensi padatan yang tinggi, sehingga setelah dari bak pengendap I, bisa dialirkan menuju RgBC. Dengan tambahan bangunan tersebut, diharapkan akan mampu meningkatkan kinerja RgBC untuk menyisihkan kandungan organik. Dalam penelitian ini, sudah diupayakan Clarifier setelah proses RgBC, dan Clarifier II ini cukup membantu untuk menurunkan kandungan organik dn TSS, terbukti dari gambar 2 dan 4 di atas, prosen penyisihan kandungan organi di clarifier meningkat.

Parameter Pendukung Operasional RgBC: DO, pH dan Temperatur

Dalam Pengolahan RgBC merupakan pengolahan biologis dengan mikroorganisme adalah pada kondisi aerob yaitu dengan membutuhkan oksigen terlarut untuk berkembang biak. Pada RgBC yang cakramnya didesain untuk lebih meningkatkan DO, yaitu dengan belahan-belahan cakram agar aliran limbah dapat menembus belahan-belahan cakram, gerigi-geriginya menyebabkan random flow di sekitar lapisan mikroorganisme, sehingga lebih efektif meningkatkan oksigen terlarut dan pada akhirnya meningkatkan kinerja alat. DO di konsentrasi COD < 1000 mg/l, DO sudah terdeteksi sejak di HRT 0.7 jam. Hal ini disebabkan, mikroorganisme untuk menguraikan kandungan organik yang rendah tidak terlalu bekerja keras seperti saat menguraikan kandungan organik yang tinggi, sehingga kapasitas DO tidak habis oleh mikroorganisme. Dan penguraian mikroorganisme dengan masih adanya cadangan DO di limbah, hasil penyisihan kandungan organiknya juga tinggi.

Effluent limbah tempe berdasarkan baku mutu limbah cair adalah pada 6-9 yang menunjukkan pH netral. Parameter pH lingkungan media sangat mempengaruhi proses pengolahan limbah secara biologis, kisarannya antara 6,5 – 8,5. Nilai pH yang terlalu tinggi (> 8,5) akan menghambat aktivitas mikroorganisme sedangkan nilai pH di bawah 6,5 akan mengakibatkan pertumbuhan jamur dan terjadi persaingan dengan bakteri dalam metabolisme materi organik.

Sedangkan suhu, hanya diatur ruangan saat operasional ventilasi terbuka, sehingga masih ada aliran udara bebas. Dibawah ini merupakan data hasil pH limbah tahu dan suhu yang diolah pada RgBC. Suhu air limbah pada reaktor RgBC berkisar antara 23,5°C - 28 °C, hal ini menunjukkan mikroorganisme mesofilik mendominasi proses penguraian zat pencemar pada reaktor RBC. Suhu optimal untuk proses RBC berkisar antara 15°C - 40°C. Temperatur yang tinggi akan merusak proses

dengan mencegah aktifitas enzim dalam sel. Peningkatan temperatur dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan.

KESIMPULAN

RBC dengan bentuk cakram bergerigi, mampu secara maksimal meremoval COD 93.27% pada HRT 4.2 jam dengan COD inlet 637.52 mg/l. Efisiensi penyisihan kandungan organik oleh reaktor RBC ini, selain optimal untuk COD inlet 637.52 mg/l, juga untuk COD inlet 1926.08 mg/l proses penyisihan 85.17 % di HRT 4.2 jam

Kisaran suhu pada penelitian ini pada 26 – 28°C, dengan pH 6.52 – 7.84 pH netral dan DO (Dissolved Oxygent) dari hasil penelitian maksimal 1.3.

Reaktor ini, bekerja optimal pada Organic Surface Loading (OSL) 11.91 – 47.33 g/m²,hari dan Hydraulic Loading Rate (HLR) 0.037 – 0.074 m³/m².hari, kisaran angka untuk limbah dengan adanya proses nitrifikasi.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Departemen Pendidikan Tinggi, atas bantuannya membiayai penelitian ini, melalui program Hibah Bersaing untuk tahun 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- AD, Nitin, et.al, 2013, *Treatment of dairy industry effluent by RBC*, International Journal of Research and Technology.
- Benefield and Randall. 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*.
- Kulkarni,W., et.al., 2012, *Review on Process, Application and Performance of Rotating Biological Contactor (RBC)*, Internasional Journal of Scientific and Research Publication, Volume 2, Issue
- Kargi, F. And Eker, S., 2001, *Rotating Perforated Tubes Biofilm Reactor for High Strength Waster Water Treatment*, Journal of Environmental Engineering, Vol.127, No.10.

Metcalf and Eddy. 2003. *Waste WaterEngineering Fourth Edition*. NewYork: Mc .Graw-Hill

Mba,D., 2003, Mechanical Evolution of The Rotating Biological Contactor into the 21st Century, Journal of Mechanical Engineering, Vol 207

Tanaka, Nao. 2008. *Seminar Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Cair*.Yogyakarta: Pusteklim.